



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 101 35 453 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
H 01 S 3/106
H 01 S 3/11
H 01 S 3/098

②1 Aktenzeichen: 101 35 453.3
②2 Anmeldetag: 20. 7. 2001
④3 Offenlegungstag: 30. 1. 2003

⑦1 Anmelder:
Universität Karlsruhe, 76131 Karlsruhe, DE

⑦2 Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 199 62 047 A1
DE 196 07 689 A1
US 58 44 932
US 54 08 480
US 53 39 323

SCHIBLI, T.R., u.a.: Control of Q-switched mode
locking by active feedback. In: Optic Letters,
Vol. 26, No. 3, 2001, S. 148-150;

THOEN, E.R., u.a.: Two-photon absorption in semi-
conductor saturable absorber mirrors. In: App-
lied Physics Letters, Vol. 74, No. 26, 1999, S. 3927-
S. 3929;

SPÜHLER, G.J., et.al.: Experimentally confirmed
design guidelines for passively Q-switched micro-
chip lasers using semiconductor saturable ab-
sorbers. In: J. Opt. Soc. Am. B, Vol. 16, No. 3, March
1999, S. 376-388;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik von Lasersystemen

DE 101 35 453 A 1
BEST AVAILABLE COPY

DE 101 35 453 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Kontrolle von Lasersystemen gegen schnelle Instabilitäten.

[0002] Ein wesentliches Problem bei der Entwicklung eines Lasersystems besteht darin, durch geeignete Wahl der Parameter ein Lasersystem zu schaffen, welches in Hinblick auf die Anwendung möglichst optimale Eigenschaften besitzt. Dabei zeigt sich jedoch, dass aufgrund der Abhängigkeit der verschiedenen Parameter des Lasersystems und aufgrund der endlichen Anzahl der frei wählbaren Parameter die dynamischen Eigenschaften des Lasersystems nicht immer den gewünschten Anforderungen entsprechen.

[0003] Insbesondere bei gepulsten Systemen müssen eine Vielzahl von Problemen gelöst werden, welche zu Fluktuationen oder Instabilitäten der mittleren Ausgangsleistung führen können. Diese Probleme lassen sich nicht immer durch einen geeigneten Satz der Laserparameter beheben. Insbesondere bei gepulsten Systemen mit hohen Puls-Wiederholraten und/oder hohen Ausgangsleistungen lassen sich diese Instabilitäten durch passive Maßnahmen häufig nicht beheben. Ein weiteres Problem, welches insbesondere bei passiv modengekoppelten Systemen auftritt, ist, dass diese Systeme nicht immer selbstständig anschwingen und/oder sich die gewünschten Pulse nicht selbstständig formen.

[0004] Die Instabilitäten oder Leistungsfluktuationen lassen sich jedoch oftmals durch geeignete aktive Rückkopplung kontrollieren. Das Anschwingverhalten von passiv modengekoppelten Lasern lässt sich durch geeignete Modulation der Verluste und/oder der Nettoverstärkung innerhalb des Resonators verbessern oder es läßt sich die Modenkopplung ganz durch eine Verlustmodulation und/oder eine Modulation der Nettoverstärkung realisieren, was dann als aktive Modenkopplung bezeichnet wird.

[0005] Zur Unterdrückung von Fluktuationen der Ausgangsleistung und zur Unterdrückung von Instabilitäten der Laserdynamik wurde jüngst von T. R. Schibli, U. Morgner und F. X. Kärtner in "Control of Q-switched mode locking by active feedback," Optics Letters (OSA), Vol. 26, No. 3, Feb. 1/2001, eine Methode vorgestellt, welche durch aktive Rückkopplung einen oder mehrere Parameter des Lasersystems dynamisch verändert. Im einfachsten Fall moduliert diese Rückkopplungsschleife die Pumplleistung des Lasersystems. Allgemeiner werden resonatorinterne Elemente angesteuert, welche z. B. die Resonatorverluste verändern.

[0006] Bekannte Ansätze zur Unterdrückung von Fluktuationen der Ausgangsleistung und zur Unterdrückung von Instabilitäten der Laserdynamik weisen jedoch die folgenden Probleme auf:

Im Falle einer Modulation der Pumplleistung des Lasersystems besteht das Hauptproblem darin, dass aufgrund einer endlichen Lebensdauer der Inversion des Lasermediums die Regelbandbreite des Systems stark limitiert ist. Im Falle von Festkörperlaseren beträgt diese Lebensdauer Mikro- bis Millisekunden, welche eine effiziente Modulation auf einige wenige Megahertz beschränkt. Darüber hinaus müssen bei diesem Modulationsverfahren häufig große Stromstärken geregelt werden, wodurch die Bandbreite des Systems weiter eingeschränkt wird.

[0007] Bekannte Verlustmodulatoren, die zum Beispiel auf dem elektrooptischen oder akustooptischen Effekt basieren, erfordern häufig Spannungen im Bereich von einigen Kilovolt, was in Hinblick auf hohe Bandbreiten einen limitierenden Effekt darstellt.

[0008] Bekannte Verlustmodulatoren, die zum Beispiel auf dem elektrooptischen oder dem akustooptischen Effekt basieren, sind aufgrund ihrer geometrischen Abmessungen oftmals nicht geeignet, um in einen Laserresonator mit hoher

Repetitionsrate eingesetzt zu werden. Die optische Weglänge dieser Modulatoren beträgt in der Regel einige Zentimeter. Dies macht deren Einsatz in Laserresonatoren von 1,5 cm optischer Länge, was einer Puls wiederholrate von 10 GHz entspricht, unmöglich.

[0009] Bekannte Verlustmodulatoren, die zum Beispiel auf dem elektrooptischen, elektroabsorptiven oder dem akustooptischen Effekt basieren, beeinflussen aufgrund ihrer optischen Eigenschaften, insbesondere ihrer Einfügeverluste, optischen Dispersion, thermisch induzierter Linse oder beschränkter Bandbreite, die Eigenschaften eines Lasers meist auf negative Weise, was deren Einsatz weiter einschränkt.

[0010] Elektrooptische und akustooptische Modulatoren, die sich für hohe Intensitäten, die innerhalb eines Laserresonators vorherrschen, eignen, sind aufgrund ihrer Konstruktionsweise und nicht zuletzt auch wegen ihrer relativ komplizierten elektrischen Ansteuerung recht teuer.

[0011] Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht nun darin, eine Vorrichtung bereitzustellen, die die Kontrolle der Laserdynamik über einen großen Parameterbereich ermöglicht.

[0012] Diese Aufgabe wird gemäß den kennzeichnenden Teilen der unabhängigen Ansprüche 1, 11 oder 19 gelöst. Weitere Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen enthalten.

[0013] Die vorliegende Erfindung ermöglicht den Aufbau eines schnellen und kostengünstigen Verlust- oder Gewinnmodulators, der innerhalb eines Laserresonators eingesetzt werden kann, ohne dessen optische Eigenschaften – abgesehen von den modulierbaren Verlusten oder Gewinnen – negativ zu beeinflussen. Dabei sollen insbesondere die oben erwähnten negativen Eigenschaften bestehender Lösungen vermieden werden.

[0014] Erfindungsgemäße Vorrichtungen können sowohl zur Unterdrückung der Leistungsfluktuationen und dynamischen Instabilitäten, wie etwa Güteschaltungsinstabilitäten, eines Lasersystems eingesetzt werden können, als auch zum Starten der passiven Modenkopplung und/oder zur aktiven Modenkopplung.

[0015] Die vorliegende Erfindung basiert auf dem Prinzip der freien Ladungsträgerabsorption, die auch als "FCA" für "Free Carrier Absorption" bezeichnet wird, bzw. auf dem Prinzip der durch die freien Ladungsträger verursachten optischen Brechzahländerung, innerhalb einer Halbleiterschicht oder innerhalb eines Potentialtopfes, der auch "QW" für "Quantum-Well" genannt wird. Im Folgenden wird die Funktionsweise am Beispiel einer Halbleiterschicht erläutert, in welcher der Effekt der FCA zur Veränderung der optischen Verluste ausgenutzt wird. Eine entsprechende Funktionsweise findet man auch im Potentialtopf oder analogen Strukturen.

[0016] Bringt man eine dünne, vorzugsweise einige hundert Nanometer bis einige Mikrometer dünne Halbleiterschicht in einen Laserresonator und vermeidet man, falls erwünscht, die Fresnel-Reflexionen an den Oberflächen der Schicht um Beispiel durch die Position der Schicht innerhalb des Resonators oder durch geeignete Antireflex-Beschichtungen, so bleiben die internen Verluste des Lasersystems nahezu unverändert, falls die Bandlücke des Halbleitermaterials energetisch größer ist als die Energie der einzelnen Photonen des Lasermoden. Wird diese Schicht jedoch zusätzlich mit einer Lichtquelle beleuchtet, deren Photonenenergie mindestens so groß ist wie die Energiedifferenz zwischen Valenz- und Leitungsband der Schicht, so werden hierdurch sog. freie Ladungsträger innerhalb dieser Schicht erzeugt, die ihrerseits durch Absorption von Photonen des Lasermoden weiter angeregt werden können. Dadurch ent-

stehen zusätzliche Verluste, welche durch die Leistung der erwähnten zusätzlichen Lichtquelle beeinflusst werden können.

[0017] Besonders vorteilhaft an den erfindungsgemäßen Vorrichtungen ist die gezielte Ausnutzung der extern steuerbaren freien Ladungsträger-Absorption als Verlustmodulator, der sowohl innerhalb, als auch ausserhalb eines Laserresonators eingesetzt werden kann. Diese Verlustmodulatoren lassen sich beispielsweise zur aktiven Modenkopplung, zur aktiven Stabilisierung und zum Starten von Lasersystemen einsetzen. In vielen Fällen werden durch den Einsatz eines solchen Verlustmodulators die Eigenschaften des Lasersystems - außer der neu erhaltenen Möglichkeit der steuerbaren Absorption - nicht bzw. nur unwesentlich beeinflusst.

[0018] Erfindungsgemäße Vorrichtungen weisen insbesondere die folgenden Vorteile auf:

Die zur Steuerung der Verluste innerhalb der dünnen, vorzugsweise einige hundert Nanometer bis einige Mikrometer dünnen Schicht erforderlichen Leistungen liegen im Bereich von einigen zehn Milliwatt. Dadurch kann zum Beispiel das Licht einer kostengünstigen Laserdiode kleiner Leistung eingesetzt werden, welche eine direkte Modulation im Bereich von bis zu mehreren GHz zulässt. Dies bedeutet eine erhebliche Vereinfachung der elektronischen Treiberstufe. Sowohl im Vergleich zur direkten Modulation der Ströme der Pumpdioden, die im Bereich von einigen Watt bis einigen zehn Watt emittieren, als auch im Vergleich zu den elektro- und akustooptischen Modulatoren, welche Spannungen im Bereich von Kilovolt benötigen.

[0019] Viele passiv modengekoppelten Lasersysteme verwenden sog. sättigbare Halbleiterabsorber zur passiven Modenkopplung. Dazu gehören insbesondere sogenannte "SBR", d. h. "Saturable Bragg Reflector" (siehe S. Tsuda, W. H. Knox, S. T. Cundiff, W. Y. Jan und J. E. Cunningham in "Mode-Locking Ultrafast Solid-State Lasers with Saturable Bragg Reflectors," IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 2, No. 3, pp. 454-464, 1996), "SAM", d. h. "Saturable Absorber Mirror" oder "SESAM", d. h. "Semiconductor Saturable Absorber Mirror" (siehe U. Keller, K. J. Weingarten, F. X. Kärtner, D. Kopf, B. Braun, I. D. Jung, R. Fluck, C. Hünninger, N. Matuschek und J. Aus der Au in "Semiconductor Saturable Absorber Mirrors (SESAM's) for Femtosecond to Nanosecond Pulse Generation in Solid-State Lasers," IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 2, No. 3, pp. 435-453, 1996). Wie oben gezeigt, ist es problemlos möglich, diese Absorber gleichzeitig als steuerbare Verlustmodulatoren einzusetzen. Um den Effekt der steuerbaren Modulation effizienter zu gestalten, genügt es in der Regel, insbesondere im Falle der SBR oder SESAM, das Design dieser Absorber geringfügig anzupassen. Da sich die SBR oder SESAM dadurch weder verteuern noch in ihren Eigenschaften verschlechtern, können diese Änderungen bei einem Neudesign mit berücksichtigt werden.

[0020] Aufgrund der äußerst geringen Dicke, vorzugsweise einige hundert Nanometer bis einige Mikrometer, finden erfindungsgemäße Vorrichtungen auch in Lasersystemen mit hohen Repetitionsraten Anwendung.

[0021] Durch die geeignete Integration von erfindungsgemäßen Vorrichtungen zum Beispiel in einen SBR wird weder der Verlust des SBR noch dessen optische Dispersion merklich beeinflusst. Aufgrund der geringen Dicke, vorzugsweise einige hundert Nanometer bis einige Mikrometer, sind im Vergleich zu bestehenden Anordnungen auch die thermischen Effekte, wie etwa thermisch induzierte Linsen, bedeutend kleiner oder in vielen Fällen völlig vernachlässigbar.

[0022] Aufgrund der kurzen Lebensdauer der freien La-

dungsträger in dünnen Halbleiterschichten von typischerweise 10 ps bis 1 ns lassen sich erfindungsgemäße Vorrichtungen wesentlich schneller ansteuern, als dies zum Beispiel im Falle einer direkten Modulation des Gewinns des Lasermediums, d. h. einer Modulation der Pumpleistung, der Fall ist, da die Lebensdauer der Inversion des Gewinnmediums bei den gebräuchlichen Festkörpermaterien zwischen 1 μ s und 10 ns liegt.

[0023] Ein sättigbarer Absorberspiegel besteht typischerweise aus einem Schichtstapel von zwei Materialien, die sich im optischen Brechungsindex unterscheiden. Die Schichtdicken dieses Stapels sind jeweils so gewählt, dass deren optische Dicken einer viertel Wellenlänge des Laserlichts entsprechen. Durch diese Struktur, welche als "Bragg-Spiegel" bezeichnet wird, entsteht ein hochreflektierender Spiegel bei der Wellenlänge des Lasers. Auf diese Struktur wird typischerweise ein sättigbarer Absorber aufgebracht, der die Eigenschaft besitzt, dass dessen Verluste bei Beleuchtung mit hoher Intensität gering und bei Beleuchtung mit niedriger Intensität hoch sind. Diese sättigbaren Absorber können durch eine Vielzahl von Anordnungen erreicht werden.

[0024] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und von zwei Abbildungen näher erläutert.

[0025] Fig. 1 beschreibt eine erfindungsgemäße Vorrichtung, die einen sogenannten Micro-Chip Laser verwendet, der Pulswiederholraten im Bereich von 10 GHz aufweist.

[0026] Fig. 2 beschreibt einen Bragg-Spiegel, auf dem eine "Quantum Well"-Struktur aufgebracht ist.

[0027] Vorzugsweise läßt sich ein erfindungsgemäßer sättigbarer Absorber durch die oben genannte "Quantum Well"-Struktur (QW) realisieren. Zu diesem Zweck wird typischerweise, wie in Fig. 2 veranschaulicht, ein für die Wellenlänge des Lasers transparentes Material auf einen oben genannten "Bragg-Spiegel" aufgebracht, in dem die QW-Struktur in geeignetem Abstand zum Bragg-Spiegel eingebettet ist. Diese transparente Schicht kann nun so gewählt werden, dass diese die Hilfslichtquelle absorbiert und die dadurch erzeugten freien Ladungsträger in dieser Schicht für das Laserlicht zu zusätzlichen Verlusten führen. Auf diese Schicht können schliesslich weitere Schichten aufgebracht werden, welche zum Beispiel zu einer Felderhöhung bzw. einer Felderniedrigung innerhalb der optisch modulierbaren Schicht und der darin eingebetteten QW-Struktur führen. In Fig. 2 ist beispielsweise eine zusätzliche Schicht gezeigt, die den Fresnel-Reflex an der optisch modulierbaren Schicht für Wellenlängen im Bereich von 1530 nm minimiert, d. h. als Antireflex-Beschichtung dient.

[0028] Ein erfindungsgemäßes Element nach Fig. 2 kann in dem in Fig. 1 skizzierten Ausführungsbeispiel als steuerbarer Absorber-Spiegel 10 verwendet werden. Bei diesem Ausführungsbeispiel handelt es sich um einen besonders kompakten Festkörper-Laser, der aus den Elementen 7, 8 und 9 besteht. Diese Art von Laser wird als "Mikrochip-Laser" bezeichnet. Hierzu werden im Ausführungsbeispiel ein Auskoppel-Spiegel 7 mit TP > 80% bei 1064 nm und TL = 0,25% bei 1500 nm, ein 8,2 nm langer Laserkristall 8 aus Cr⁴⁺:YAG sowie ein gekühlter Kristall-Halter 9 verwendet.

[0029] Die für den Laserprozess benötigte Energie wird vom Lasersystem 1 - einem kontinuierlich betriebenen Nd:YVO₄ - Pump laser mit max. 16 W bei einer Wellenlänge von 1064 nm und M₂ < 1.1 - geliefert, dessen Pump-Strahl 4 über eine geeignete Optik 2, 3 und 6 in den "Mikrochip-Laser" 7, 8 und 9 fokussiert wird. Die Optik besteht beispielsweise aus einem optischen Isolator 2, der Licht nur in Pfeilrichtung durchlässt, einer $\lambda/2$ -Platte 3, die die Polari-

sation des Pump-Strahls in die gewünschte Richtung dreht, und Linsen 6, die zur Fokussierung des Pump-Strahls und des HilfsLasers dienen.

[0030] Das im "Mikrochip-Laser" erzeugte Licht wird teilweise durch den Auskoppelspiegel 7 aus dessen Resonator ausgekoppelt und mit Hilfe eines dichroitischen Spiegels 5, der transmittierend für eine Wellenlänge von 1064 nm und reflektierend für das erzeugte Laserlicht um 1500 nm wirkt, vom Pumplicht 4 getrennt. Ein kleiner Teil dieses Lichtes beaufschlagt mit Hilfe eines teildurchlässigen Spiegels 12 einen Photodetektor 14, während der andere Teil dieses Lichts als Ausgangsstrahl 13 des "Mikrochip-Lasers" für eine Anwendung zur Verfügung steht.

[0031] Das Signal des Photodetektors 14 wird über eine lineare oder nichtlineare Regelelektronik 15 in ein geeignetes Stromsignal umgewandelt, das zur Erzeugung des beschriebenen Hilfslichtes zum Beispiel einer Laserdiode 11 zugeführt wird. Dieses Hilfslicht wird schliesslich über eine geeignete Optik 6 auf den optisch steuerbaren Modulator 10 fokussiert. Durch geeignete Wahl der Parameter der elektronischen Regelung 15, die zur Ansteuerung der Laserdiode 11 dient, kann die dadurch entstehende Modulation der Verluste innerhalb des Resonators des "Mikrochip-Lasers" dazu verwendet werden, diesen modenzukoppeln oder dessen Güteschaltungsinstabilität zu unterdrücken.

[0032] Anstelle der Modulation einer Hilfslichtquelle über eine lineare oder nichtlineare Regelstrecke bei geeigneter Wellenlänge über ein Signal, das zur über die Resonatorumlaufzeit gemittelten Ausgangsleistung des Lasers 1 proportional ist, wird in einer weiteren Ausführungsform über ein Signal, das zur die instantanen Ausgangsleistung des Lasers 1 proportional ist, moduliert. Die Bedingung für "instantan" wird dann erfüllt, wenn die Bandbreite des Photodetektors 14 größer ist als die Puls-zu-Puls Wiederholrate des Lasers 1.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Kontinuierlich betriebener Nd : YVO₄ Pump laser (max. 16 W @1064 nm Wellenlänge, M₂ < 1.1)
- 2 Optischer Isolator: lässt Licht nur in Pfeilrichtung durch
- 3 $\lambda/2$ -Platte: dreht die Polarisierung des Pump-Strahls in die gewünschte Richtung
- 4 Pump-Strahl
- 5 Dichroitische Platte: transmittierend für 1064 nm; reflektierend für das erzeugte Laserlicht um 1500 nm
- 6 Linsen zur Fokussierung des Pump-Strahls und des HilfsLasers
- 7 Auskoppel-Spiegel: TP > 80% @1064 nm; TL = 0.25% @1500 nm
- 8 Laserkristall: Cr⁴⁺ : YAG, 8.2 mm lang
- 9 Gekühlter Kristall-Halter
- 10 Steuerbarer Absorber-Spiegel (z. B. gemäß Fig. 2)
- 11 Laserdiode zur Modulation der Absorption von 10
- 12 Teildurchlässiger Spiegel
- 13 Laser-Ausgang
- 14 Photodetektor
- 15 Elektronische Regelung zur Ansteuerung der Laserdiode 11

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers, dadurch gekennzeichnet, dass ein zur über die Resonatorumlaufzeit gemittelte Ausgangsleistung des Lasers proportionales Signal über eine lineare oder nichtlineare Regelstrecke derart eine Hilfslichtquelle bei geeigneter Wellenlänge moduliert, dass diese einen

optisch gesteuerten Verlust- oder Gewinnmodulator im Laserresonator steuert.

2. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der optisch gesteuerte Verlust- oder Gewinnmodulator darin besteht, dass eine Vorrichtung in den Laserresonator eingebracht wird, die bei Beleuchtung durch die Hilfslichtquelle für das Laserlicht zusätzliche Verluste oder Gewinn aufweist.

3. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der optisch gesteuerte Verlust- oder Gewinnmodulator darin besteht, dass ein Medium in den Laserresonator eingebracht wird, das bei Beleuchtung durch die Hilfslichtquelle für das Laserlicht zusätzliche Verluste oder Gewinn aufweist.

4. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein derartiges Medium in den Laserresonator eingebracht wird, das die durch die Hilfslichtquelle verursachten Anregungen in diesem Medium die für das Laserlicht gewünschten Verluste oder Verstärkung bewirken.

5. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Medium aus einem Halbleitermaterial besteht, das bei der Wellenlänge der Hilfslichtquelle ausreichend absorbiert und die dadurch erzeugten Ladungsträger das Laserlicht absorbieren oder verstärken, während der unangeregte Halbleiter für das Laserlicht transparent ist.

6. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß den Ansprüchen 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Medium in einen Absorber-Spiegel 10 integriert ist.

7. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß den Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Absorber-Spiegel 10 ein sättigbarer Bragg-Reflektor ("Saturable Bragg Reflector", SBR) ist.

8. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß den Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Absorber-Spiegel 10 ein halbleitender sättigbarer Absorber-Spiegel ("Semiconductor Saturable Absorber Mirror", SESAM) ist.

9. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der optisch gesteuerte Verlustmodulator auf einem Fabry-Perot-Resonator beruht, dessen Transmissionsverhalten durch die Strahlung der Hilfslichtquelle verändert wird.

10. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der optisch gesteuerte Verlustmodulator auf einem Fabry-Perot-Resonator beruht, dessen Reflexionsverhalten durch die Strahlung der Hilfslichtquelle verändert wird.

11. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers, dadurch gekennzeichnet, dass ein zur instantanen Ausgangsleistung des Lasers proportionales Signal über eine lineare oder nichtlineare Regelstrecke derart eine Hilfslichtquelle bei geeigneter Wellenlänge moduliert, dass diese einen optisch gesteuerten Verlust- oder Gewinnmodulator im Laserresonator steuert.

12. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulation der Hilfslichtquelle derart realisiert ist, dass diese zum Starten des Modenkopplungsprozesses des Lasersystems führt.

13. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Modulation der Hilfslichtquelle derart realisiert ist, dass diese zur regenerativen Modenkopplung des Lasersystems führt. 5
14. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass diese zur Kontrolle von Instabilitäten, insbesondere von Q-switching, verwendet wird. 10
15. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass diese zur Kontrolle und/oder Unterdrückung von niederfrequenten Fluktuationen verwendet wird. 15
16. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass diese zur Kontrolle und/oder Unterdrückung von hochfrequenten Fluktuationen verwendet wird. 20
17. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass diese zur externen Rauschunterdrückung verwendet wird. 25
18. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass diese zur externen Intensitätsmodulation verwendet wird. 30
19. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers, dadurch gekennzeichnet, daß ein zur instantanen Ausgangsleistung eines Lasers proportionales Signal über eine lineare oder nichtlineare optische und/oder elektronische Regel- oder Steuerstrecke einen optisch gesteuerten Verlust- und/oder Gewinnmodulator im Laserresonator eines zweiten Lasers steuert. 35
20. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass diese zum Starten des Modenkopplungsprozesses des Lasersystems führt. 40
21. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass diese zur Kontrolle von Instabilitäten, insbesondere von Q-switching, verwendet wird. 45
22. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass diese zur Kontrolle und/oder Unterdrückung von niederfrequenten Fluktuationen verwendet wird. 50
23. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass diese zur Kontrolle und/oder Unterdrückung von hochfrequenten, Fluktuationen, z. B. zeitliche Fluktuationen im Puls-zu-Pulsabstand, verwendet wird. 55
24. Vorrichtung zur Kontrolle der Dynamik eines Lasers gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass diese zur Synchronisierung zweier oder mehrerer Lasersysteme verwendet wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

60

65

BEST AVAILABLE COPY

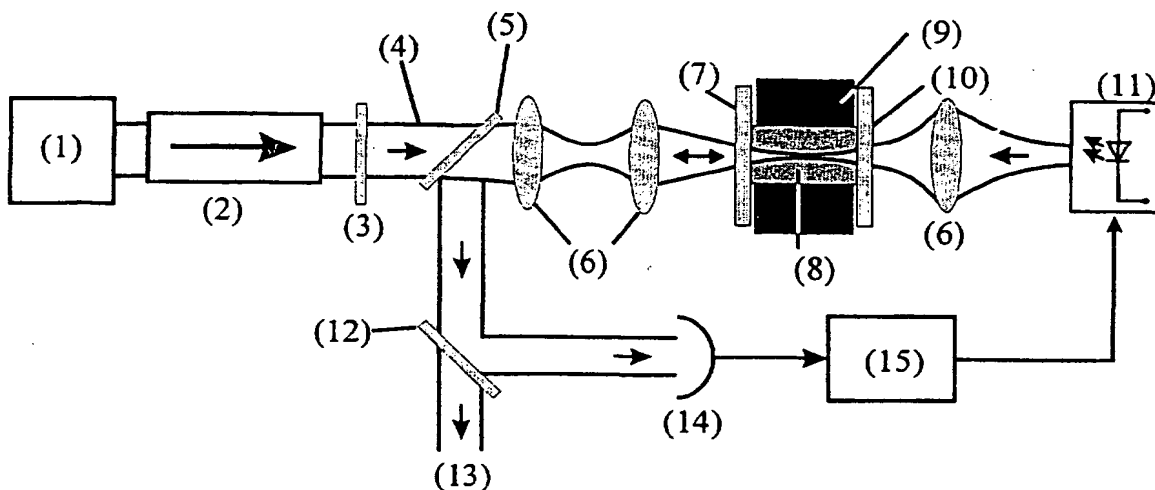


Fig. 1

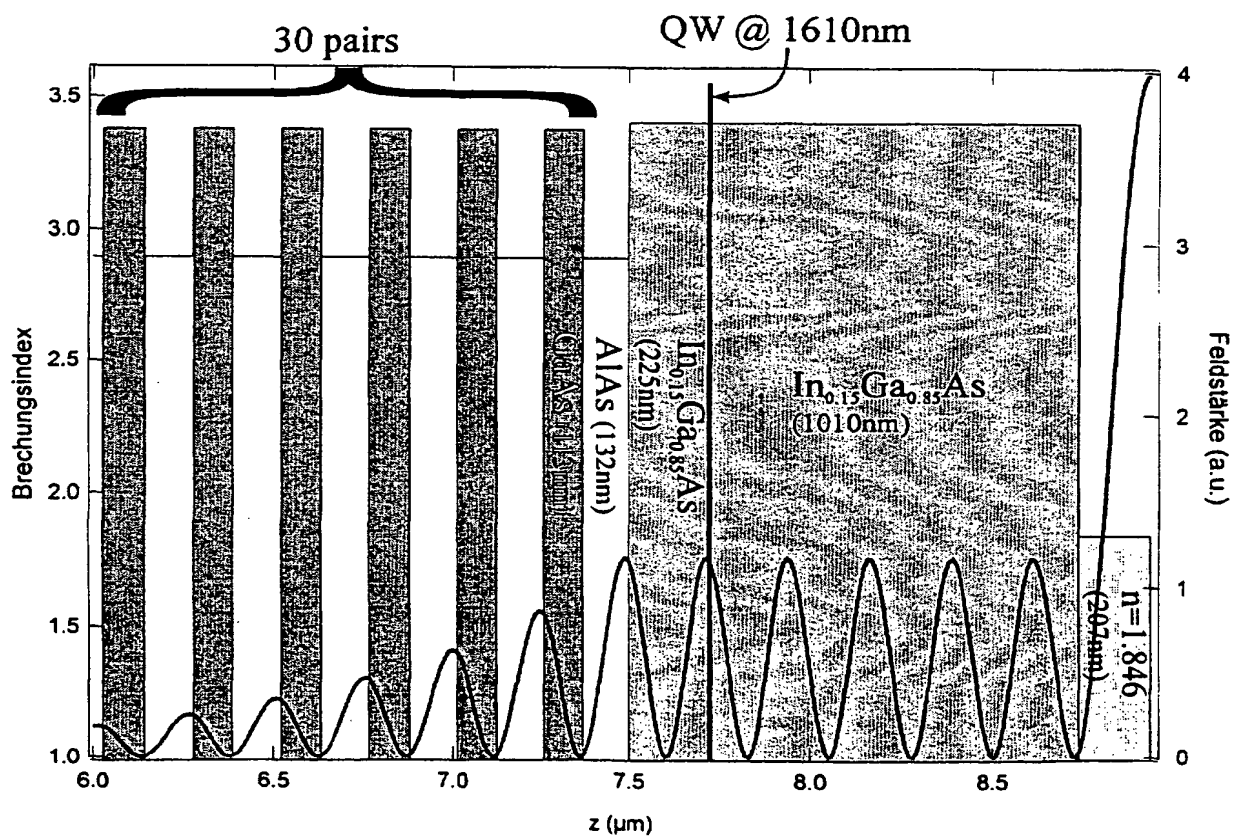


Fig. 2